

УЛЬЕВ Л.М., д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;

ЛУНЁВ А.А., магистр, НТУ «ХПИ»

ЭКСТРАКЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ СМЕСИ АЦЕТОН-МЕТАНОЛ

Целью представленной статьи является разработка интегрированной энергоэффективной автоматизированной ректификационной установки для разделения смеси ацетон-метанол, определения потоков, которые могут быть использованы для интеграции. Актуальность представленной темы состоит в том, что в ней приведено одно из решений проблемы экономии энергии в нефтехимической промышленности. Вследствие возрастания цен на энергию возрастает себестоимость готовой продукции.

Ключевые слова: экстракция данных, ректификация, сеточная диаграмма, пинч.

Введение. Химическая промышленность и её различные сферы являются одним из наибольших потребителей природных ресурсов, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду за счет парниковых газов, отходов производства и тепловой эмиссии. Ректификация является энергоемким процессом, обеспечение рационального использования ресурсов и сокращения вредного экологического влияния возможно на основании анализа и применения интеграционных методов, которые базируются на методах пинч-анализа. Интегрированные технологии и пинч-анализ способны четко определить возможности энергосбережения и минимизировать растраты тепловой энергии и капитальных вложений, как новых проектных объектов, так и реконструкции старых [1].

Описание технологии. Начальная смесь из емкости Е1 насосом Н1 подается на подогрев до температуры питания в подогреватель П. Из подогревателя начальная смесь поступает на питающую тарелку ректификационной колонны. В ректификационной колонне происходит разделение исходной смеси на дистиллят и кубовый остаток.

В верхней части колоны пары низкокипящего компонента подаются на конденсацию в дефлегматор, после чего разделяется в распределителе на поток флегмы и поток дистиллята.

© Л.М. Ульев, А.А. Лунёв. 2013

Флегма возвращается в верхнюю часть колонны на орошение, а дистиллят подается в холодильник X2, где охлаждается до заданной технологической температуры, после чего попадает в приемную емкость E3, откуда насосом Н3 подается потребителю. Кубовый остаток из нижней части колонны подается в холодильник X1, где охлаждается до заданной температуры и поступает в приемную емкость E2, откуда насосом Н2, подается потребителю [2, 3]. Принципиальная технологическая схема представлена на рис. 1.

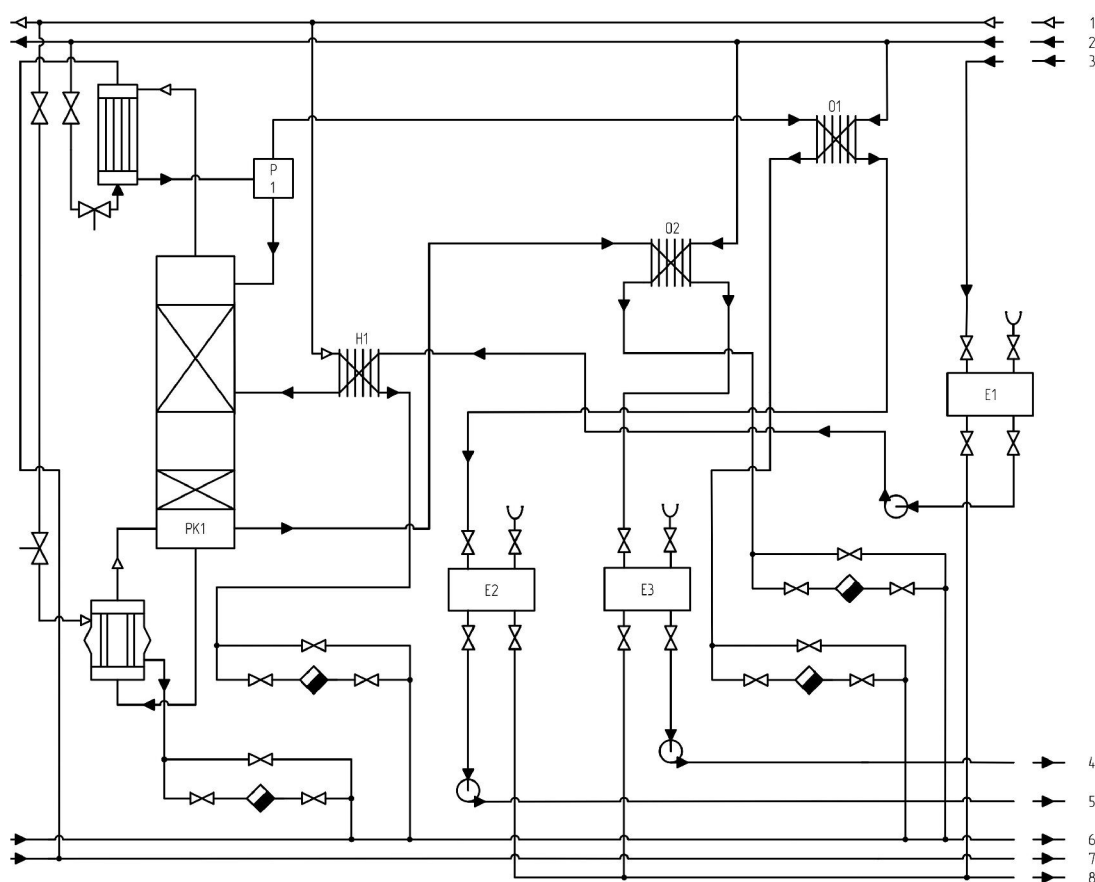


Рис. 1. Технологическая схема ректификации до реконструкции: 1 – греющий пар; 2 – охлаждающая вода; 3 – исходная смесь; 4 – кубовый остаток; 5 – дистиллят; 6 – конденсат греющего пара; 7 – оборотная вода; 8 – канализация

Как видим технологический процесс требует больших затрат тепловой энергии, которая с каждым годом становится все дороже. По такой схеме тепловая энергия дистиллята и кубового остатка не используется, ее можно использовать для подогрева исходной смеси, тем

самым сократить расходы, как греющего пара, так и охлаждающей воды. Самый рациональный способ для новой технологической схемы.

Методы пинч-анализа позволят разработать и спроектировать новую технологическую схему, которая позволит без ухудшения качества технологического процесс, значительно сократить потребление тепловых энергоносителей и отказаться от дорогостоящего оборудования, что позволит увеличить конкурентоспособность изготавливаемой продукции.

Данные для интеграции. Анализируя технологическую схему до реконструкции, мы видим, что подогрев исходной смеси осуществляется за счет водяного насыщенного пара до температуры $t_f = 59,8$ °С. одновременно с этим кубовый остаток от температуры $t_w = 64,1$ °С и дистиллята от $t_p = 56$ °С охлаждается в специальных холодильниках до температуры $t_k = 40$ °С. По такой схеме тепловая энергия дистиллята и кубового остатка не используется, а напротив для охлаждения этих потоков используется большое количество энергии утилит. В тоже время, поток с исходной смесью напротив необходимо нагревать до целевой температуры, расходуя дорогостоящей водяной пар. Из этого можно сделать вывод, что энергию дистиллята и кубового остатка следует направить на использования для подогрева исходной смеси, тем самым произвести рекуперацию тепловой энергии и сократить расходы, как греющего пара, так и охлаждающей воды, что будет экономически выгодно. По результатам аудита схемы процесса ректификации, были рассчитаны материальный и тепловой баланс, определены значения материальных и тепловых потоков исходной смеси, дистиллята и кубового остатка. Эти потоковые данные технологической схемы приведены в таблице.

Таблица. Потоковые данные технологической схемы

№ потока	Наименование потока	Тип потока	C	T _s , °C	T _t , °C	Q, кВт	CP, кВт/°C
1	W	горячий	2,705	64,1	40	254,207	10,548
2	P	горячий	2,437	56	40	122,839	7,679
3	F	холодный	2,567	20	59,8	715,1264	17,968

Обозначения для таблицы: C – удельная теплоёмкость, кДж/(кг·град); T_s – начальная температура потока, °C; T_t – конечная температура потока, °C; ΔH –

Сеточная диаграмма. По данным табл. 1 построим сеточную диаграмму рис. 2. На сеточной диаграмме хорошо видны потоки и количество энергии, которое следует подвести или забрать с каждого потока. Все это энергоресурс, за который нужно постоянно платить, цена за него перекладывается на себестоимость продуктов производства, что в свою очередь весомо влияет на конкурентоспособность производства на рынке в целом.

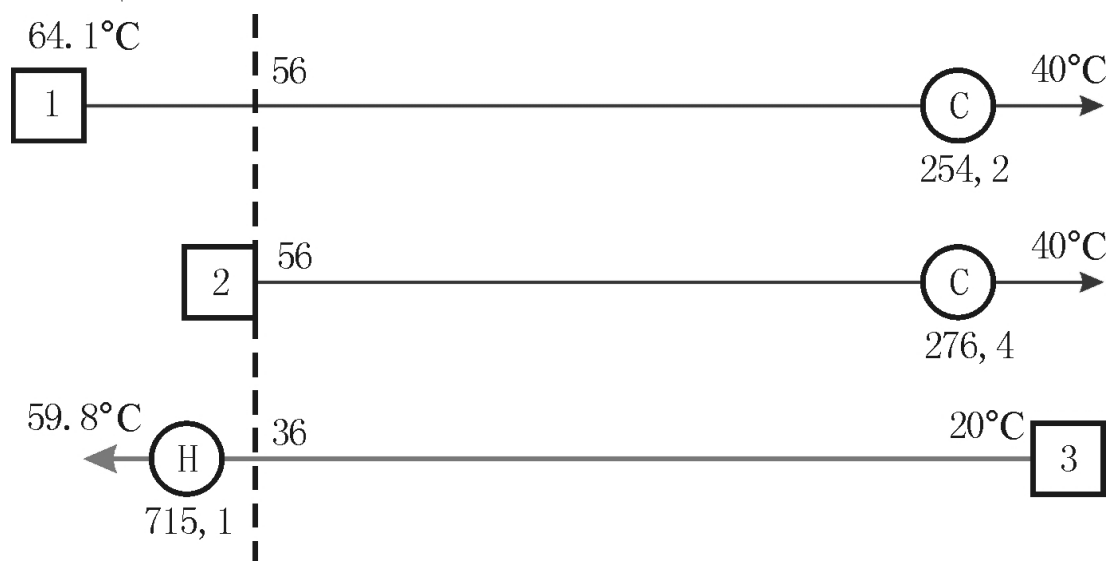


Рис. 2. Сеточная диаграмма технологической схемы ректификации смеси ацетон-метанол: 1–2 – горячие потоки; 3 – холодный поток; Т – температура потока, °С; Q – тепловая нагрузка утилит, кВт

Таким образом, утилиты, где используется греющий пар, и охлаждающая вода, стоимость которых растет с каждым годом, в дальнейшем можно сократить с помощью методов пинч-анализа

Выводы. Изучив процесс ректификации смеси ацетон-метанол, был произведен сбор данных о процессе. На основе данных произведены расчеты характеристик основных потоков процесса, в которых были замечены недостатки и отсутствие оптимизации.

Создана таблица потоковых данных и построена сеточная диаграмма исследуемых потоков. Эти данные в дальнейшем будут служить основой для интеграции и оптимизации существующего процесса ректификации, построения составных кривых, определения энергосберегающего потенциала и определения энергоэффективности установки в целом.

Список литературы: 1. Багатуров С.А. Теория и расчет перегонки ректификации. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 436 с. 2. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М., Основы интеграции тепловых процессов. – Х.: ХГПУ, 2000. – С. 457. 3. Пельперин Н.И. Дистилляция и ректификация. – М. – Л.: Госхимиздат, 1947. – 312 с.

Поступила в редколлегию 10.06.13

УДК 66.012.45:66.648.3:661.726

Экстракция данных для процесса ректификации смеси ацетон-метанол / Ульев Л.М., Лунёв А.О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». 2013. – № 55 (1028). – С. 31–35. Бібліогр.: 3.

Мета даної статті полягає в дослідженні роботи ректифікаційної колони, установки по розділенню гомогенної суміші ацетон-метанол і визначення потоків, які можуть бути використані для інтеграції. Актуальність статті полягає в тому, що в світі гостро стоїть питання енергозбереження, внаслідок зростання цін на енергію, використання якої впливає на собівартість готової продукції.

Ключові слова: екстракція даних, ректифікація, сіткова діаграма, пінч.

The purpose of this paper is to investigate the work of the distillation columns, set on the separation of a homogeneous mixture of acetone-methanol, and the definition of threads that can be used for integration. The urgency of the article is that the world is an issue of energy saving due to rising prices for energy, the use of which affect the cost of the finished product.

Keywords: data extraction, rectification, grid diagram, pinch.

УДК 658.28:66.648.3:661.726

УЛЬЕВ Л.М., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

ЛУНЁВ А.А., магистр, НТУ «ХПІ»

ТЕПЛОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ СМЕСИ АЦЕТОН-МЕТАНОЛ

Данная статья посвящена возможной тепловой интеграции в процессе ректификации смеси ацетон-метанол. Произведен анализ сеточной диаграммы процесса, построена новая сеточная диаграмма и предложена новая технологическая схема процесса с реконструкцией теплообменной системы с помощью методов пинч-анализа. В результате внедрения предложенного проекта от потребления тепловой энергии и охлаждающей воды возможно полностью отказаться. Срок окупаемости проекта составит 3 месяца

Ключевые слова: тепловая интеграция, ректификация, сеточная диаграмма, пинч

Введение. Сокращение потребления топливно-энергетических ресурсов является одной из глобальных проблем человечества. Их

© Л.М. Ульев, А.А. Лунёв. 2013

экономия и рациональное использование связано с широкомасштабным внедрением современных энергосберегающих технологий, создания высокоэффективных энерготехнологических комплексов [1–3].

Важным резервом в решении проблемы энерго- и ресурсосбережения является оптимальный по минимуму расход энергии или топлива при управлении динамическими объектами, а также проектирование аппаратов и систем, которые функционально требуют меньше энергозатрат по сравнению с имеющимися аналогами.

На основе этого был создан метод энергосбережения, который базируется на интегрированном (комплексном, системном) подходе к производству, в целом, к системе всех процессов и аппаратов, индивидуальных и суммарных холодных и горячих потоков, выявление и анализ в них пинча – узких, лимитирующих мест – точек сближения горячих и холодных составных кривых [2, 4].

Именно с помощью этого метода и будет проведена реконструкция теплообменной системы процесса ректификации смеси ацетон-метанол.

Сеточная диаграмма. Изучив процесс ректификации смеси ацетон-метанол была создана сеточная диаграмма рис. 1. На данной диаграмме мы видим технологические потоки с начальной и конечной температурами соответственно. На каждом из потоков установлены утилиты, таким образом, мощность использования горячих утилит 719,3 кВт, а холодных – 381,24 кВт.

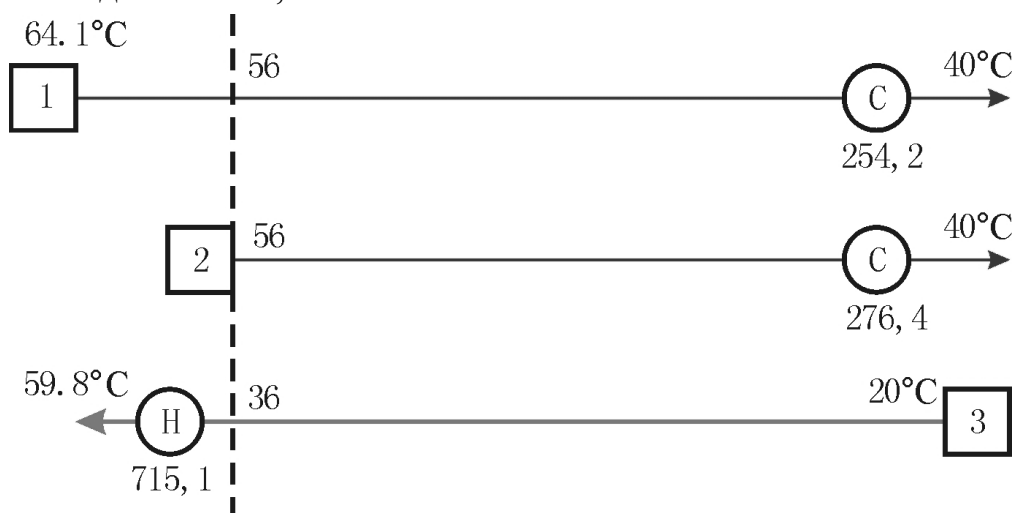


Рис. 1. Сеточная диаграмма технологической схемы ректификации смеси ацетон-метанол: 1 – 2 – горячие потоки; 3 – холодный поток; Т – температура потока, °С; Q – тепловая нагрузка утилит, кВт

Такое количество утилит, требует огромного потребления энергетических ресурсов, цены на которые в мире растут, поэтому необходимо спроектировать новую схему теплообменных аппаратов с более выгодными показателями.

Новая сеточная диаграмма. На обычной технологической схеме при проектировании очень трудно провести разделение технологической схемы ректификации на подсистемы, выше и ниже пинча. Наиболее удобно это сделать, если представить технологические потоки схемы ректификации с помощью сеточной диаграммы, на которой показываются только операции теплопередачи [5].

Разделяем технологическую схему ректификации на две подсистемы, где вертикальные линии показывают локализацию пинча. По сторонам от вертикальных линий находится подсистемы потоков, расположенная слева – выше пинча, справа – ниже пинча.

Чтобы сократить количество теплообменных аппаратов будем использовать принцип максимальной нагрузки каждого рекуперативного теплообменника в тепловой сети технологической системы, используя *CP*-правило. Критерии для теплообменных связей, размещаемых в подсистеме находящейся выше пинча $CP_H \leq CP_C$, а для подсистемы ниже пинча $CP_H \geq CP_C$, CP – потоковая теплоёмкость горячего и холодного потоков соответственно. Для того, чтобы выше пинча осуществить рекуперацию тепловой энергии горячих потоков холодными, количество горячих потоков не должно быть больше числа холодных потоков $N_H \leq N_C$, для подсистемы ниже пинча $N_H \geq N_C$.

В итоге мы получили в подсистеме выше пинча расщепление холодного потока и были установлены три рекуперативных теплообменника и один нагреватель, а в подсистеме ниже пинча два охладителя. С помощью методов пинч-анализа была спроектирована и предложена новая схема системы теплообменников для процесса ректификации смеси ацетон-метанол рис. 2. Как видим, на схеме присутствует три рекуперативных теплообменника под номерами РТ1 – РТ3, которые полностью удовлетворяют тепловые нагрузки технологических потоков и доводят их практически до целевых температур. Также в схеме изображены утилитные теплообменники на потоке 1,2 находится холодный, а на потоках 2 и 3 – горячие, но как

видим, их мощность не значительна, а погрешность в один градус Цельсия является допустимой, поэтому утилитами в дальнейшем можно пренебречь и не производить их установку.

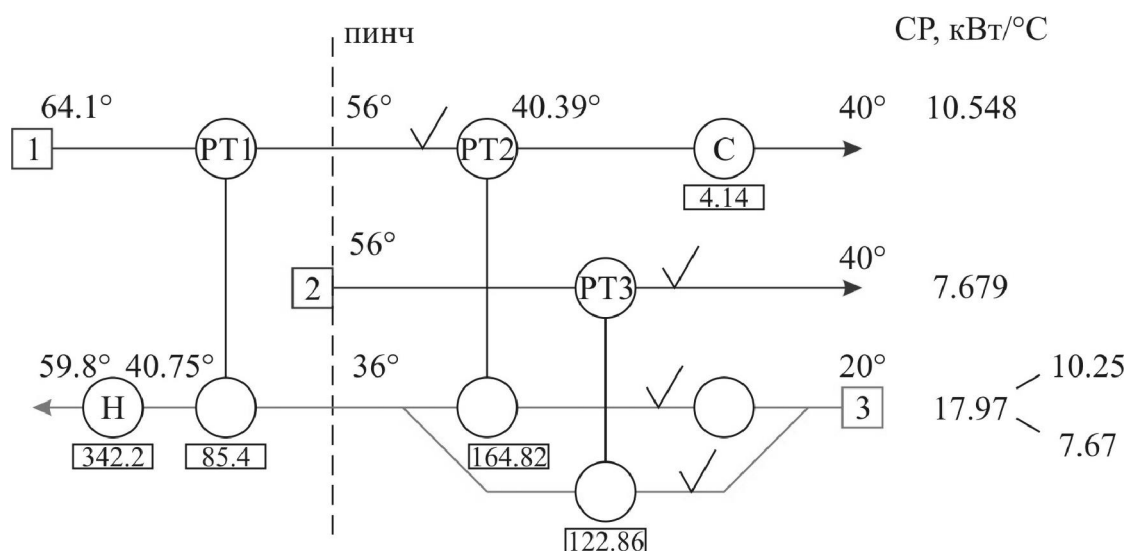


Рис. 2. Новая сеточная диаграмма технологических потоков и теплообменной системы процесса ректификации: Н – нагреватель; C1, C2 – охладители; 1 – 3 – рекуперативные теплообменники; 1 – холодный поток; 2 – 3 – горячие потоки; 1, 2, 3 – теплообменники; Т – температура потока, °С; Q – тепловая нагрузка, кВт; ΔН – потоковая теплоёмкость, кВт; СР – потоковая теплоёмкость, кВт/°С

Новая технологическая схема. На основе новой сеточной диаграммы технологических потоков и теплообменной системы была спроектирована новая технологическая схема процесса ректификации смеси ацетон-метанол, которая представлена на рис. 3.

В новой технологической схеме были убраны кожухотрубчатые теплообменники и использованы новые более эффективные разборные пластинчатые, с большим коэффициентом теплопередачи.

Срок окупаемости. Основной показатель экономической эффективности разработанной пинч системы – срок окупаемости капитальных затрат, который показывает за сколько лет разовые затраты полностью окупятся и проект начнет приносить прибыль.

Капитальные вложения окупятся за счет ежегодного прироста чистой прибыли предприятия представлен вместе с другими показателями в таблице.

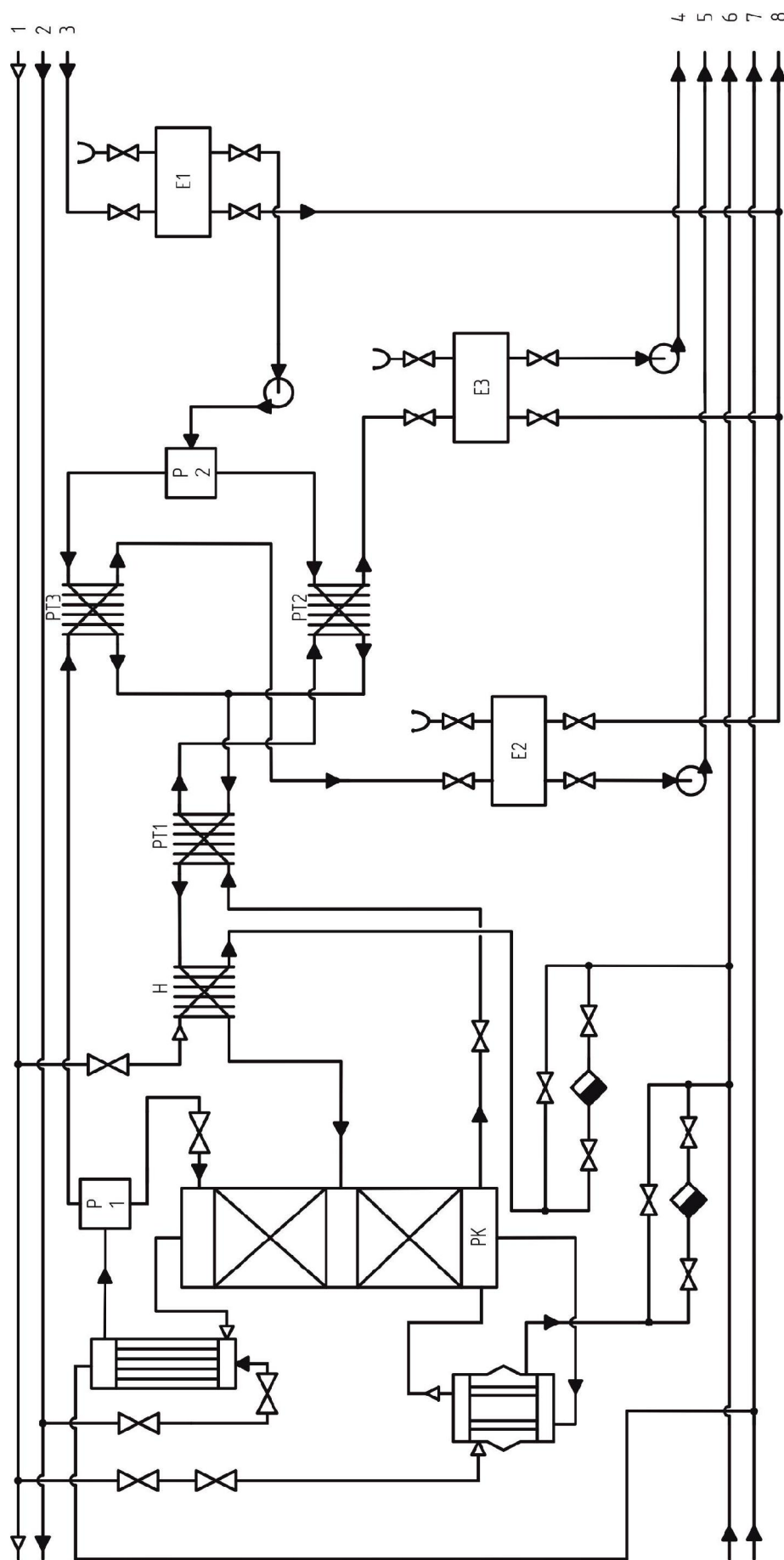


Рис. 3. Оптимизированная технологическая схема процесса ректификации смеси ацетон-метанол после реконструкции: 1 – греющий пар; 2 – охлаждающая вода; 3 – исходная смесь; 4 – кубовый остаток; 5 – дистиллят; 6 – конденсат греющего пара; 7 – оборотная вода; 8 – канализация

Таблица. Основные технико-экономические показатели

Название величины	Величина
Затраты на проектирование, Z_p , грн.	50000
Общая стоимость оборудования, $Z_{об}$, грн.	157536
Общая сумма капитальных затрат, K , грн.	207536
Общая сумма годовых затрат по эксплуатации, $Z_{экс}$, грн.	54760
Годовая экономия, ΔS , грн.	871764
Годовой прирост балансовой прибыли, $\Delta \text{Прб}$, грн.	817004
Годовой прирост чистой прибыли, $\Delta \text{Прч}$, грн.	612752
Срок окупаемости, $T_{ок}$, лет.	0,339
Коэффициент эффективности капитальных вложений, E , грн/грн	2,95

На основе технико-экономических показаний можно увидеть, что внедрение пинч-интеграции к технологическому процессу – экономически целесообразно.

Выводы. Данная статья была посвящена тепловой интеграции процесса ректификации смеси ацетон-метанол. Был проведен анализ существующей схемы ректификации, который показал отсутствие рекуперации в тепловых потоках. С помощью методов пинч-анализа была разработана новая технологическая схема процесса ректификации, которая способствует увеличению рекуперации тепловой энергии и отказа от утилит. Экономический расчет процесса показал, что его внедрение принесет 817004 тыс. грн. прибыли в год, а срок окупаемости проекта составит 0,34 года.

Список литературы: 1. Муромцев Д.Ю., Погонин В.А. Системы энергосберегающего управления: Учеб. пособие. Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 92 с. 2. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М., Основы интеграции тепловых процессов, авт. – Х.: ХГПУ, 2000. – С. 457. 3. Ebrahim M. «Pinch technology: an efficient tool for chemical-plant energy and capital-cost saving» Applied Energy 65, 2000, 45–40. 4. Коновалов В.И., Кудра Т., Пахомов А.Н., Орлов А.Ю. Современные аналитические подходы к энергосбережению. Интегрированный подход. Пинч-анализ. Луковичная модель. Вестник Тамбовского государственного технического университета, 14 (2008), 3, 560 – 578. 5. Smith R., and Linnhoff B., the Design of Separators in the Context of Overall Processes // Trans Ichem E. ChERD, 1988. – P. 195.

Поступила в редколлегию 10.06.13

УДК 658.28:66.648.3:661.726

Тепловая интеграция процесса ректификации смеси ацетон-метанол / Ульев Л.М., Лунёв А.А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». 2013. – № 55 (1028). – С. 35–41. Бібліогр.: 5.

Дана стаття присвячена можливій тепловій інтеграції в процесі ректифікації суміші ацетон-метанол. Зроблено аналіз сіткової діаграми процесу, побудована нова сіткова діаграма і запропонована нова технологічна схема процесу з реконструкцією теплообмінної системи за допомогою методів пінч-аналізу. В результаті впровадження запропонованого проекту від споживання теплової енергії і охолоджуючої води можливо повністю відмовитися. Термін окупності проекту складатиме 3 місяці.

Ключові слова: тепла інтеграція, ректифікація, сіткова діаграма, пінч.

This article focuses on the possible integration of the heat in the process of rectification of ethanol-water. Was made the analysis of grid chart of the process, built a new grid diagram and a new technological scheme of the reconstruction of the heat exchange system using the methods of pinch analysis. As a result of the proposed project from the consumption of thermal energy and cooling water may completely refuse. The payback period is 3 months.

Keywords: thermal integration, rectification, grid diagram, pinch.

УДК 658.28:665.63:338.44

Л.М. УЛЬЕВ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

К.А. ЯКОВСКИЙ, студент, НТУ «ХПІ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ВАКУУМНОГО БЛОКА УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕГОНКИ НЕФТИ ТИПА АВТ С ПОМОЩЬЮ ПИНЧ-АНАЛИЗА

В данной работе представлены расчеты и выводы для оценки экономического и энергетического потенциала энергосбережения для вакуумного блока установки типа АВТ. После внедрения разработанного проекта будет существенно снижено расходы предприятия на энергоносители, существующая система теплообмена будет усовершенствована.

Ключевые слова: нефтепереработка, вакуумный блок, пинч-анализ, сеточная диаграмма, энергосберегающий потенциал, составные кривые

Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научно-практическими заданиями. В связи с тем, что приоритетное положение среди первичных энергоносителей в мировом топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) занимает нефть (35,8%), вопросам развития нефтеперерабатывающей промышленности во всех странах мира уделяется наибольшее внимание. Нефтяная и нефтехимическая отрасли промышленности Украины являются одними из самых более энергоемких производств. Учитывая то, что на украинских НПЗ (нефтеперерабатывающих заводов) большая часть технологических

© Л.М. Ульев, К.А. Яковский. 2013

установок строилась в 60-х и 70-х годах – энергопотребление в основных процессах нефтепереработки и нефтехимии на 30 – 60% выше, чем в современных зарубежных установках.

И даже не смотря на то, что в Украине приняты и действуют Закон "Об энергосбережении", целый ряд ГОСТов в области энерго- и ресурсоиспользования, работает Государственный Комитет по энергосбережению, в стране сохраняется тенденция к росту энергоемкости продукции, которая появилась в Украине после экономического спада 1989 г. Даже в сравнении со странами СНГ и другими странами с переходной экономикой, этот показатель остается выше. Анализ литературных источников и практика говорят о том, что с помощью метода пинч-анализа удастся снизить экономические затраты предприятий на энергоресурсы в среднем на 30–60%. В данной работе приведен анализ теплоэнергетической системы вакуумного блока установки типа АВТ.

Цель исследований, постановка задачи. В результате комплекса проведенных мероприятий определить энергосберегающий потенциал вакуумного блока установки, модернизировать существующую теплообменную систему. Привести экономические результаты внедрения пинч-технологии.

Определение энергосберегающего потенциала. Определяя и суммируя тепловые нагрузки всех рекуперативных теплообменников, с учётом теплоты конденсации, получаем, что в существующей теплообменной схеме установки АВТ-1 рекуперируется в настоящее время мощность равная 5,1 МВт. Используя технологические данные из потоковой таблицы, полученной ранее, построим на энтальпийно-температурной диаграмме горячую и холодную составные кривые выбранной системы технологических потоков, и далее разместим их таким образом, чтобы интервал перекрытия между ними составил величину в 5,1 МВт

Для снижения энергопотребления в химико-технологической системе (ХТС) необходимо уменьшение минимальной разности температур ΔT_{\min} между теплоносителями в теплообменных аппаратах. Это достигается путем сближения составных кривых вдоль энтальпийной оси.

Для того, чтобы экономически оптимально интегрировать рассматриваемый процесс, нам необходимо выяснить наиболее важные экономические значения, существенно влияющие на приведенную стоимость выполненного проекта.

В существующем процессе (рис. 1) значение горячих утилит составляет 10,4 МВт, а холодных утилит 9,4 МВт, значение мощности рекуперации составляет 5,1 мВт. Минимальная разность температур в существующем процессе $\Delta T_{\min} \equiv 138^{\circ}\text{C}$.

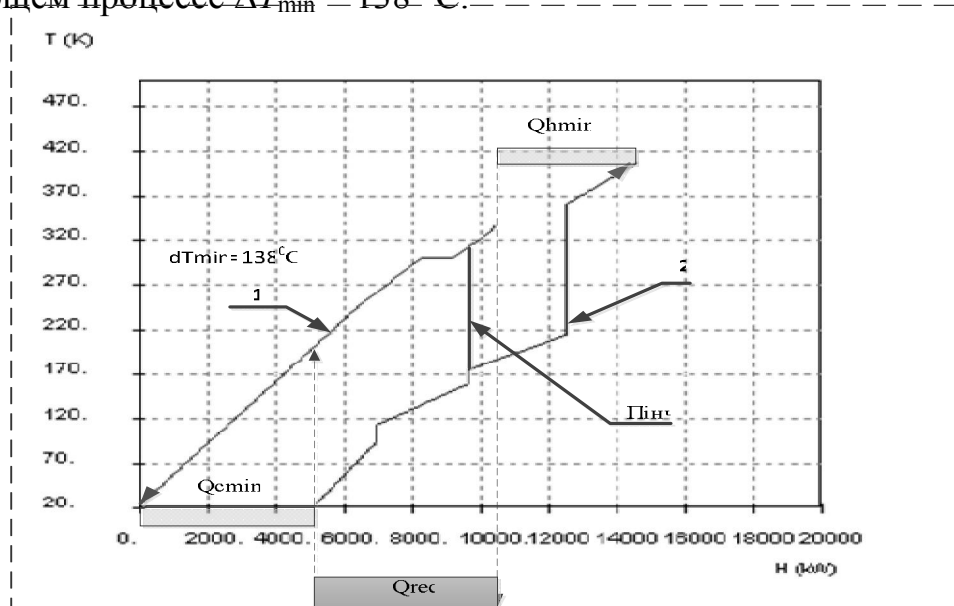


Рис. 1. Составные кривые для существующего процесса. $Q_{H\min} \equiv 4,3$ МВт, $Q_{C\min} = 5,2$ МВт, $Q_{REC} = 5,1$ МВт – мощности горячих, холодных утилит и рекуперации тепловой энергии

Для снижения энергопотребления в химико-технологической системе (ХТС) необходимо уменьшение минимальной разности температур ΔT_{\min} между теплоносителями в теплообменных аппаратах. Это достигается путем сближения составных кривых вдоль энтальпийной оси. Для того, чтобы экономически оптимально интегрировать рассматриваемый процесс, нам необходимо выяснить наиболее важные экономические значения, существенно влияющие на приведенную стоимость выполненного проекта. Стоимость горячих утилит, использованных в процессе, примем равной 350 долл. США за 1 кВт год, с учетом того, что в году 8000 рабочих часов. Стоимость холодных утилит принимаем на порядок меньшей, то есть 0,1 стоимости горячих утилит, что дает значения 35 долл. США за 1 кВт год. Используя

цены на теплообменное оборудование, полученные от его производителей, можно еще до выполнения проекта реконструкции оценить необходимые капиталовложения и срок их окупаемости [8]. Итак капитальную стоимость одного теплообменного аппарата можно определить выражением:

$$\text{Кап.стоимость} = A_T + B_T (S)^c$$

где $A_T = 5000$ долл. США – стоимость установки одного теплообменного аппарата, B_T – коэффициент, эквивалентный стоимости 1 м^2 площади поверхности теплообмена, для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов $B_T = 500$, c – коэффициент, отражающий нелинейную зависимость стоимости теплообменника от величины его поверхности теплообмена. Для кожухотрубчатых теплообменников, как правило, $c = 0,87$. Будем считать, что для выполнения проекта предприятие берет в банке кредит сроком на 5 лет с 10% кредитной ставкой. Расчет дисконтированных величин стоимостей проекта процесса гидроочистки сырья позволяет определить значение минимальной разности температур между теплоносителями в будущей системе рекуперации тепловой энергии с учётом существующего теплообменного оборудования, $\Delta T_{\min} \approx 81 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 2).

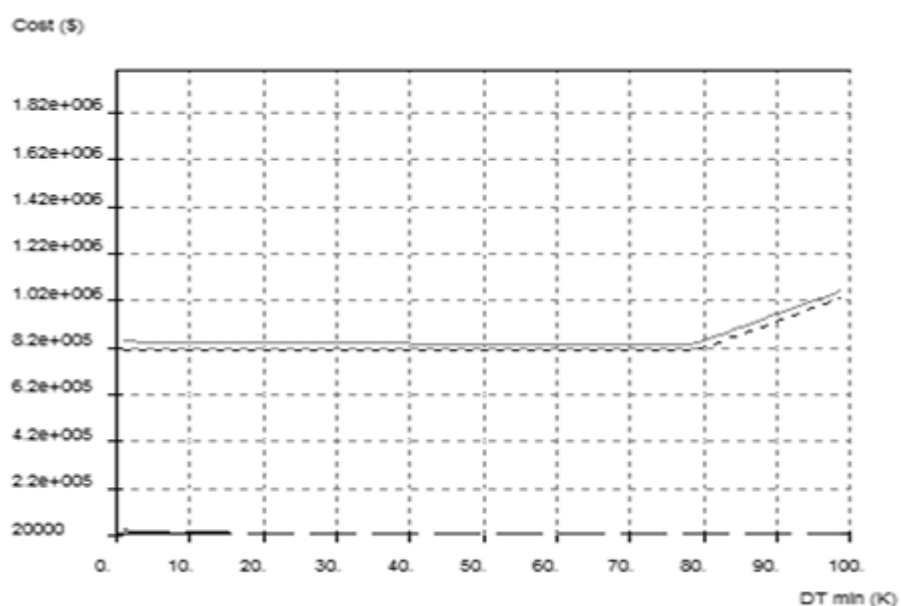


Рис. 2. Зависимость приведенной стоимости от ΔT_{\min} . Сплошная линия – общая стоимость, штриховая линия – стоимость энергии.

Это означает, что процесс гидроочистки сырья, выполненный с системой теплообмена при ΔT_{\min} выбранном из интервала 80...83 °С будет работать в экономически оптимальном режиме. Большое значение минимальной разности температур, большой перенос энергии через пинч и значительный перекрестный теплообмен говорит о наличии значительного энергосберегающего потенциала в существующем в настоящее время аппаратурном оформлении процесса на АВТ – 1.

Поэтому построим составные кривые для $\Delta T_{\min} = 81^\circ\text{C}$, которые помогут более наглядно продемонстрировать весь процесс (рис. 3).

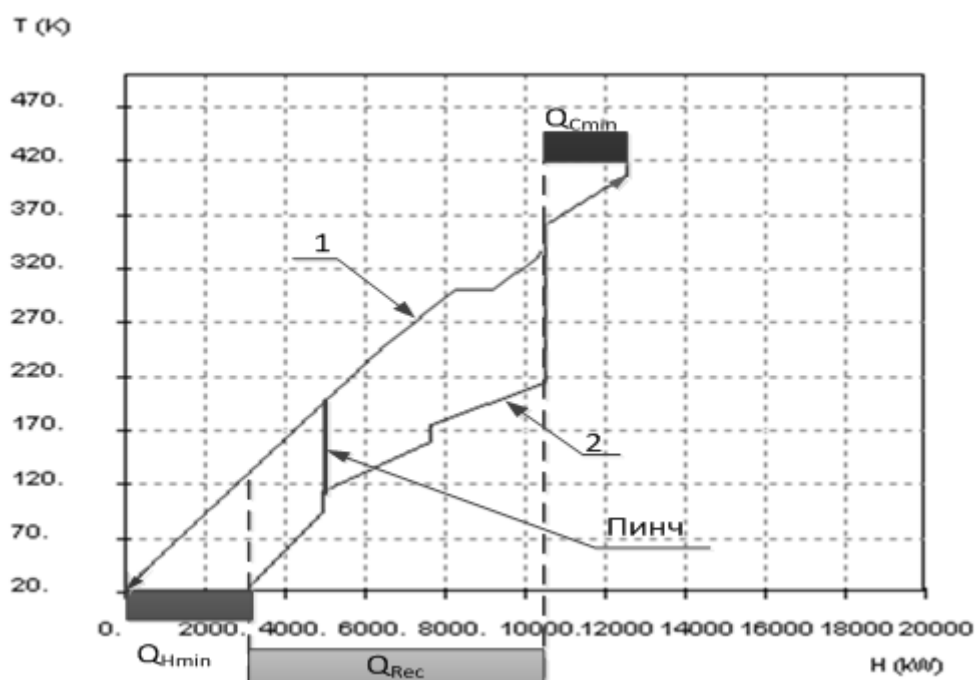


Рис. 3. Составные кривые для проектируемого процесса. $Q_{H\min}$, $Q_{C\min}$, Q_{REC} – мощности: горячих, холодных утилит и рекуперации тепловой энергии. $Q_{H\min} = 2,2$ МВт, $Q_{C\min} = 3,1$ МВт, $Q_{REC} = 7,25$ МВт.

Мы видим, что пинч локализуется на температуре для горячих потоков, равной 195 °С, и соответственно для холодных потоков – 114 °С. Составные кривые показывают, что при достижении $\Delta T_{\min} = 81^\circ\text{C}$ значение горячих утилит уменьшается на 49%, холодных утилит на 41%.

Мощность рекуперации тепловой энергии в интегрированной системе с $\Delta T_{\min} = 81^\circ\text{C}$ достигнет значения $Q_{\text{rec}} = 7,25$ МВт. Таким образом, с помощью углубления теплоэнергетической интеграции в

вакуумном блоке установки типа АВТ можно уменьшить энергопотребление на 4,2 МВт. Модернизация данной технологической схемы привела к существенному сбережению материальных и энергоресурсов. Комплекс модернизационных мероприятий, проводимых на предприятии, может качественно повлиять как на многие экономические показатели, так и на конкурентоспособность компании в целом, поскольку снижается энергоемкость производства. Предприятие имеет возможность при равных прочих характеристиках выпускать продукцию с себестоимостью ниже аналогичных представителей рынка. Однако модернизация должна иметь комплексный характер, и не ограничиваться лишь одним сектором или участком. При некоторой степени запаса гибкости и приспособленности под различные задачи теплоэнергетическая система может стать гораздо более эффективной и менее затратной.

Данный проект имеет оценочный характер, и помогает предсказать некоторые моменты и последствия внедрения тех или иных решений. При комплексном подходе к организации энергоэффективного производства следует также обращать внимание на возможность дальнейшей оптимизации и интеграции оборудования, систем, блоков производства.

С помощью составных кривых также можно оценить необходимую площадь поверхности теплообмена, поскольку в них заложена необходимая для проведения этого мероприятия информация. Наглядно энергосберегающий потенциал процесса первичной переработки нефти приведен в таблице.

Таблица. Сравнение энергопотребления в существующем и проектируемом процессе

	Существующий процесс, МВт	Интегрированный процесс, МВт
Горячие утилиты	4,3	2,2
Холодные утилиты	5,2	3,1
Рекуперация	5,1	7,25

Мы видим, что в данной ситуации внедрение пинч-метода на установке дало положительный эффект. При этом следует учитывать динамику роста стоимости энергоресурсов. Если ещё сравнительно не так давно окупаемость подобного проекта могла бы быть 25–30 лет, то в современных условиях этот срок значительно меньше.

Выводы. В результате работы по модернизации теплообменной сети вакуумного блока установки типа АВТ были выявлены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления.

Достигнута минимальная разность температур между холодной и горячей составными кривыми, которая позволяет уменьшить энергопотребление на установке на 4,2 МВт.

Список литературы: 1. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» <http://esco-ecosys.narod.ru/> 2. Мет. вказівки по розділу «Пінч-аналіз» за курсом «Вступ до спеціальності» / Товажнянський Л.Л., Ульянов Л.М. – Х.: НТУ «ХПІ», 2010. – 40 с. 3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульянов – Х.: ХГПУ, 2000. – 457с. 4. Л.М. Ульянов. Екстракція даних для теплоенергетичної інтеграції процесу атмосферного поділу нафти на установці типу АВТ / Л.М. Ульянов, М.В. Ільченко // Вестник НТУ «ХПІ» 2012. – № 39. – с. 83–90. 5. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems. Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. 2005. – 77p. 6. Ульянов Л.М. Программное обеспечение для проектирования теплообменных сетей – HINT / Ульянов Л.М., Яценко О.А. // Вестник НТУ «ХПІ». 2012. – №10. – с. 61–72.

Поступила в редколлегию 30.09.2013

УДК 658.28:665.63:338.44

Определение энергосберегающего потенциала вакуумного блока на установке типа АВТ с помощью пинч-анализа / Ульянов Л.М., Яковский К.А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». 2013. – № 55 (1028). – С. 41–47. Бібліогр.: 6 назв.

В даній роботі представлені розрахунки і висновки для оцінки економічного і енергетичного потенціалу енергозбереження для вакуумного блоку установки типу АВТ. Після впровадження розробленого проекту буде суттєво зменшено витрати підприємства на енергоносії та вдосконалено існуючу схему теплообміну.

Ключові слова: вакуумний блок, установка, теплообмін, пінч-аналіз, інтеграція, складові криві, енерговитрати, утиліти.

This paper presents the calculations and findings to assess the economic and energy saving potential for the vacuum distillation unit type AWT. After implementation of the project will be developed by the significantly reduced energy costs of the company, the current heat exchange system will be improved.

Keywords: refining, vacuum section, pinch-analysis, grid diagram, energy saving potential.